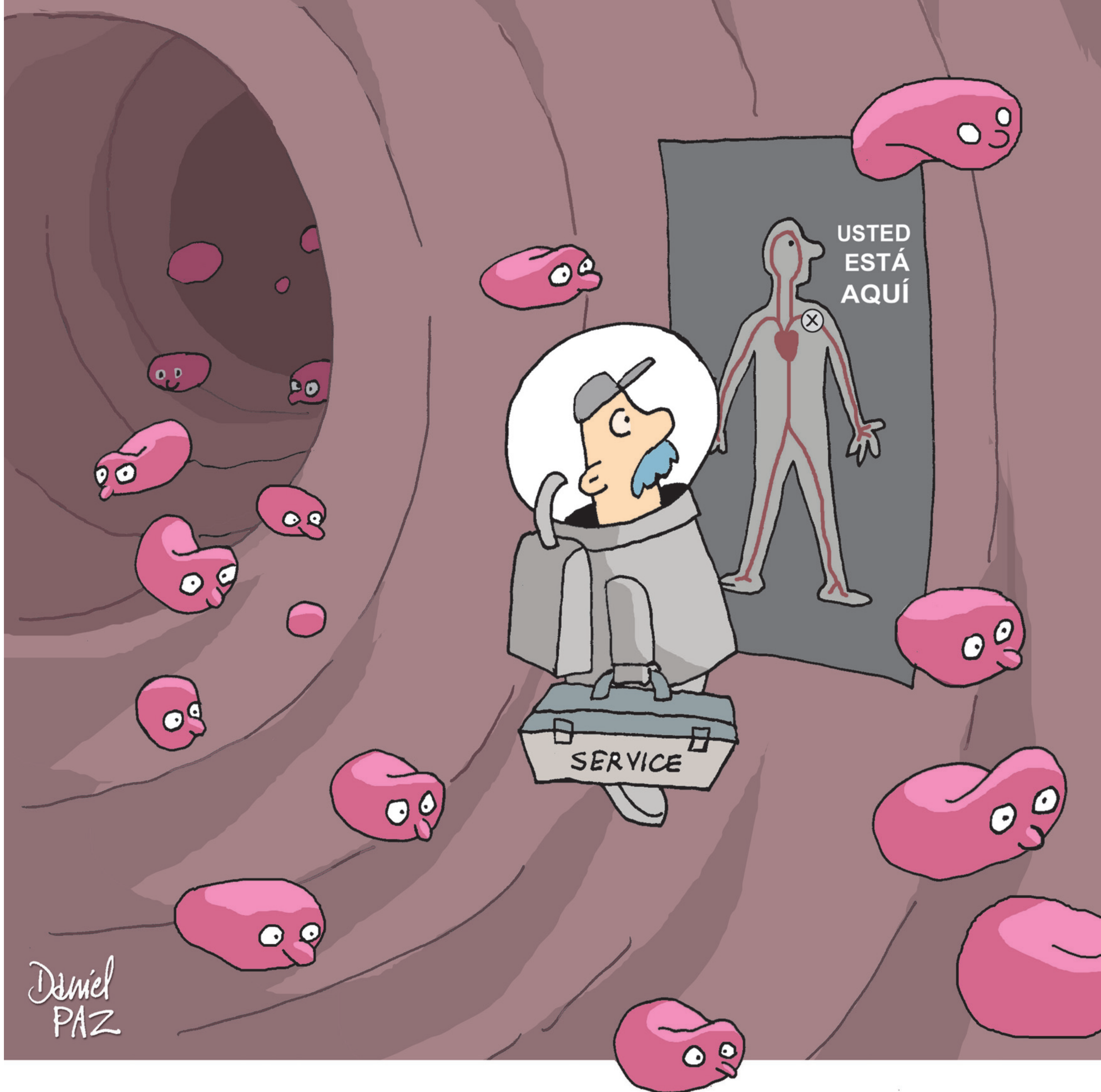
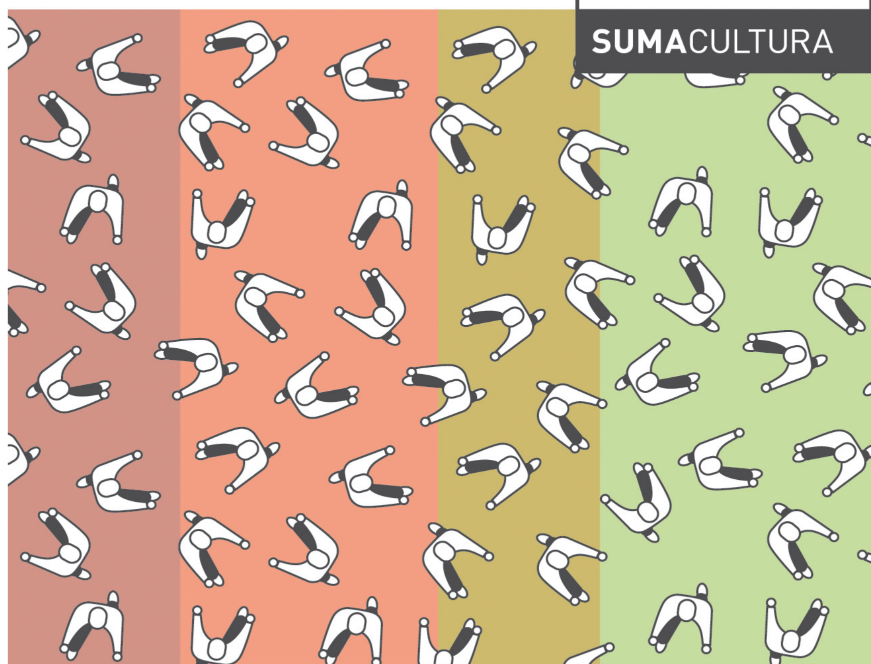
futuro
Suplemento de ciencias de Página/12
Año 19 / N° 998 | 02 . 05 . 2009

AMENAZA INFINITESIMAL

La nanotecnología y la plaga gris



Apocalípticamente integradas a nuestras vidas, las fantasías nanotecnológicas –esa novel disciplina que divide al mundo en millonésimas de milímetro– trae consigo la fantasía secundaria de una “plaga gris” que, aunque diminuta, se presenta como una peste tecnológica mucho más peligrosa que los virus informáticos, y que vive y prospera, hoy por hoy, solamente en la ciencia-ficción.



La nanotecnología...

POR PABLO CAPANNA

Cualquier veterano que haya pasado por la escuela primaria recordará aquellos problemas con los cuales pretendían enseñarnos a dividir, multiplicar o aplicar la regla del tres. Quizás los sigan usando todavía.

Un problema típico de esa época era algo así: “una vaca come 4 metros cuadrados de pasto por día. ¿Cuánto tardará en comerse diez hectáreas?” o bien: “Si diez vacas lo hacen en un mes, cuánto tardarán 150 vacas en acabar con toda la Pampa Húmeda?”

Evidentemente, eran situaciones ideales. En uno de esos sistemas que los físicos llaman “inerciales” la vaca no puede hacer otra cosa que rumiar infinitamente, a ritmo constante. Pero en el mundo real, en algún momento la vaca se cansará de comer y si la obligamos a seguir no tardará en reventar.

Puede que en estos sencillos problemas se inspiraran quienes diseñaban los planes de estudio universitarios con los cuales tuve que lidiar a lo largo de la vida (aunque mucho menos que mis sufridos alumnos) al aplicar estrictamente el “Teorema de la Vaca”. Si un complejo programa de matemática, física o química se podía desarrollar en un año, a razón de ocho horas semanales, ¿por qué no darles dieciséis horas en un cuatrimestre? ¿Y por qué, en lugar de tres horas repartidas en dos días por semana, no dar seis corridas, sin recreo? Si diez alumnos se juntaban a estudiar, ¿aprenderían en un mes lo que uno solo tarda un año en asimilar?

Enfrentado a tales desafíos el alumno, que tenía que cursar cinco o seis materias más, trabajar, dormir, comer e ir al baño, sucumbía al destino de la vaca, y abandonaba antes de cumplir el mes. Si lograba entender algo de la materia, o por lo menos aprobarla, era sólo después de cursarla varias veces. Era la distancia que separaba los planes del mundo real, donde la atención se volatiliza y el estudiante está sometido a otras fuerzas, más triviales pero ciertamente ineludibles.

Razonamientos como éstos, que pertenecen a la familia del crecimiento exponencial y otras hipérboles, son los que llevan a imaginar escenarios apocalípticos con sólo extrapolar una tendencia, sin considerar que el mundo real es un poco más complejo y que las cosas no llegan tan lejos. Uno de ellos nació con la nanotecnología y cada tanto agita el fantasma de la “plaga gris” (*gray goo*): una peste tecnológica que, según dicen, podría acabar con el mundo.

WALDO Y LOS NANOBOTS

La nanotecnología, en la que muchos ven la clave de la próxima revolución tecnológica, consiste en manipular objetos de un tamaño que se mide en nanómetros (nm.), la millonésima parte de un milímetro. Por eso algunos proponen llamarla tecnología del átomo (*atomtech*), aun a riesgo de que la confundamos con la ingeniería nuclear.

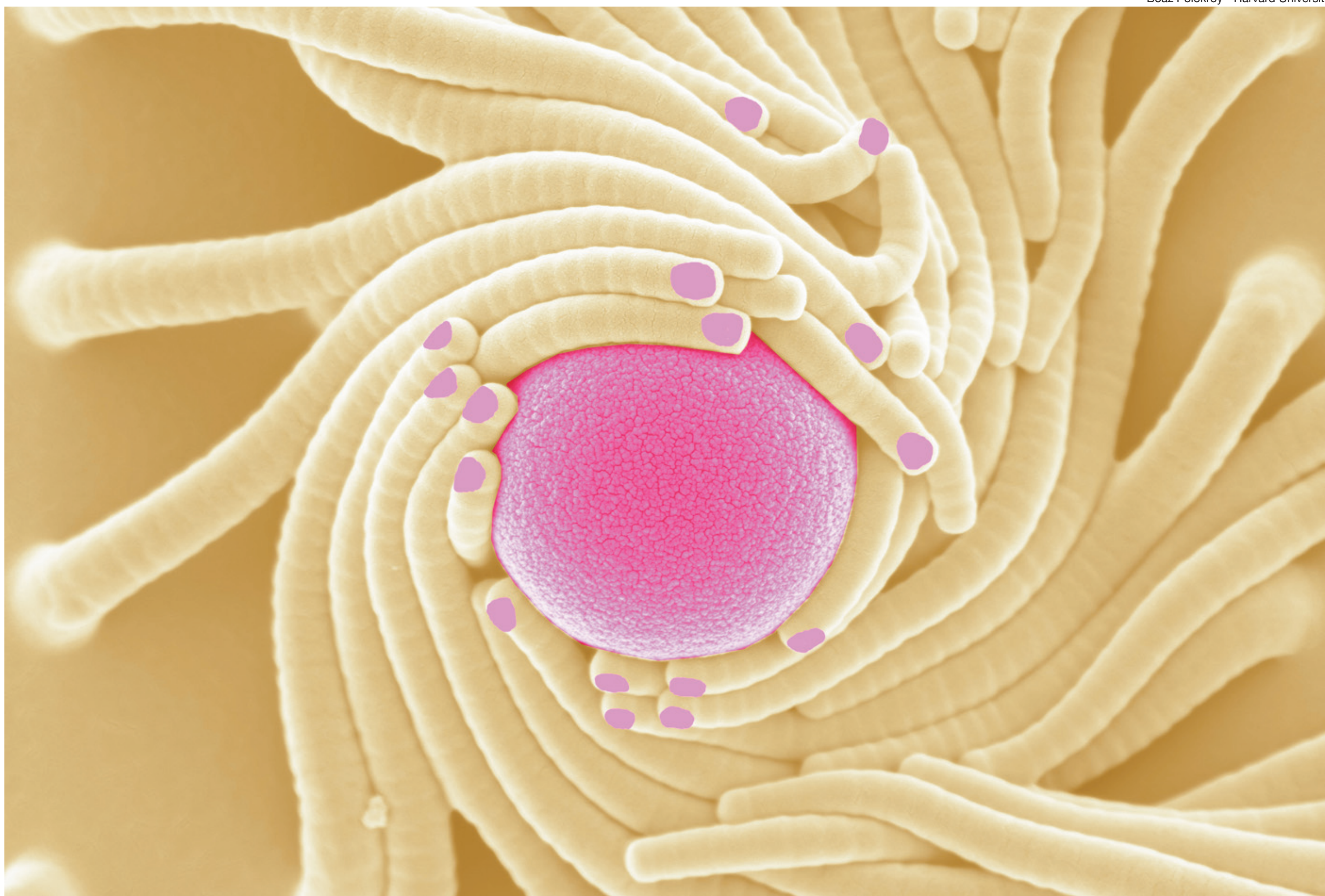
¿Cómo es posible trabajar con objetos tan pequeños como el átomo, a los cuales sólo podemos acceder con los microscopios de efecto túnel (STM) o de fuerza atómica (AFM), empleando herramientas que a esa escala resultan torpes y desmesurados, como el ojo y la mano humanos?

En 1942 al escritor Robert A. Heinlein se le ocurrió cómo hacerlo. Se trataba de crear una mano mecánica que reprodujera nuestros movimientos como un pantógrafo, pero en una escala menor. Con esa mano, fabricaríamos otra más pequeña, y así hasta alcanzar el nivel atómico. A esos dispositivos, Heinlein los llamó *waldos*, como el protagonista de su cuento. Más tarde, ese nombre fue adoptado en la industria cuando se trató de desarrollar manipuladores remotos para trabajar con sustancias peligrosas.

En 1959 la misma idea se le ocurrió a Richard Feynman, uno de los grandes físicos del siglo XX. Es difícil, pero no imposible, que conociera a Heinlein cuando desafió a físicos e ingenieros del Massachussets Institute of Technology (MIT) a que intentaran fabricar máquinas capaces de fabricar otras cada vez más pequeñas. No tardaron mucho en dar los primeros pasos.

Cuando ya se habían logrado ciertos éxitos en esta línea, K. Eric Drexler presentó el tema al gran público con su ensayo *Motores de la creación* (1986). No se diría que contribuyó demasiado a su comprensión. El libro carecía casi totalmente de didáctica pero abundaba en metáforas pintorescas como describir una línea de montaje “nano” con robots alineados y cintas transportadoras. Como suele ocurrir, despertó tanto desmesuradas expectativas como temores infundados.

Boaz Polokroy - Harvard University



LA NANOTECNOLOGIA CONSISTE EN MANIPULAR OBJETOS DE UN TAMAÑO QUE SE MIDE EN NANOMETROS, LA MILLONESIMA PARTE DE UN MILIMETRO.

Mucho más allá de las posibilidades de la tecnología de entonces y aun de aquellas con que contamos hoy, Drexler basaba toda su revolución en unos dispositivos (los “ensambladores”) que treinta años más tarde siguen siendo tan hipotéticos como entonces. Pensaba que si pudiéramos fabricar nano-robots capaces de manipular un átomo a la vez conforme a un programa maestro y, sobre todo, que fueran capaces de producir otro robot similar a ellos, cualquier problema tecnológico se resolvería casi mágicamente.

MANUFACTURAS IN VITRO

Inspirándose quizás en otra versión del “Teorema de la Vaca”, Drexler hacía sus cálculos. Si cada ensamblador, provisto de materia prima suficiente, era capaz de hacer una copia en mil segundos, el crecimiento exponencial nos permitiría tener una tonelada de ensambladores en menos de un día. De tener asegurado el suministro de materia prima, en dos días más la masa de nanobots replicantes sería tan grande como la del sistema solar. Otros nanobots (los “desarmadores”) se encargarían de alimentarlos, separando de las basuras los átomos apropiados, para recombinarlos produciendo los insumos químicos necesarios.

En un derroche de imaginación, Drexler imaginaba cómo se podría llegar a fabricar motores para la NASA, en un tanque sellado. Se introducía una sopa de compuestos químicos, rociada con una pizca de nanobots en suspensión. Inmediatamente se empezarían a reproducir y a trabajar siguiendo las instrucciones de sus nano-computadoras. En pocas horas, aparecía un motor flamante, de cero defectos y calidad total. No había límites: se podían cultivar autos y heladeras, fabricar alimentos sin necesidad de agricultura o reparar las células enfermas enviando nano-submarinos a patrullar arterias y venas, a la caza del colesterol.

LOS ECOFAGOS

El propio Drexler admitía que eso era como incorporar una nueva forma de vida a los ecosistemas, con resultados imprevisibles. Los expertos habían visto el peligro y lo habían llamado *Grey goo*, la jalea gris. Imaginaban una proliferación de virus mecánicos que podía llegar a invadir el planeta, digiriendo todo lo que encontrara a su paso para convertirlo en más nanobots y acabando con la vida. Ed Regis, un periodista científico con un sentido del humor bastante bizarro, se puso a imaginar una de esas epidemias.

Drexler había prometido que algún día la nanotecnología nos permitiría dar la solución final al problema de la vaca. Cada cual tendría en su cocina una “Máquina de Carne”, que sería capaz de elaborar bifes gracias a una colonia de nanobots alimentados con una dieta de cartones, bolsas de plástico, polvo o pasto seco.

Regis imaginaba qué ocurriría si hubiera una fuga de ensambladores; invadirían la casa, saldrían a la calle y se comerían a los autos, colmando el barrio de bifes sintéticos, hasta toparse con una marea de electrodomésticos que vendría avanzando desde el otro lado de la ciudad: era casi peor que Godzilla.

A Drexler algo de eso se le había ocurrido y ya en su libro había propuesto algunas medidas de seguridad para prevenir cualquier epidemia “gris”. Ante todo, sería necesario producir los ensambladores y hacerlos trabajar en condiciones de aislamiento total. Habría que hacerlos depender de una sola fuente de energía y de suministros, incorporarles una sustancia sintética que no pudieran hallar en la naturaleza, o programarlos para que a partir de cierto número de generaciones se volvieran estériles y dejaran de reproducirse.

Al parecer, Drexler perdió el interés bien pronto por sus “ensambladores”. En *Nanosistemas* (1992), una obra mucho más académica, ni siquiera los mencionaba, y en las normas de seguridad producidas por su fundación, el Foresight Institute (www.foresight.org), proponía procedimientos destinados a evitarlos. En un artículo que escribió en 2004 llegó a admitir que los ensambladores no tendrían una importancia vital para la manufactura molecular, de manera que podría prescindirse de ellos.

Sin embargo, gracias a las listas de bestsellers y el oportuno respaldo de Marvin Minsky, su obra había tenido gran difusión. Como era de esperar, atrajo la atención de los escritores de ciencia ficción, que usaron la idea a discreción. Greg Bear la empleó acertadamente en *Blood Music* (1983), pero el que más hizo para divulgarla fue Michael Crichton, el autor de *Jurassic Park*, cuando imaginó una plaga gris en *Presa* (2002).

Estas novelas, y con ellas el sensacionalismo mediático, lograron meter en la opinión pública otro fantasma apocalíptico, desatando ásperos debates entre personas generalmente desinformadas, y de paso ocultando la contaminación que otras formas más sencillas de nanotecnología pueden estar provocando. Más peligrosos que cualquier plaga gris imaginaria pueden ser los agentes “nano” de uso militar, aunque no sean reduplicantes. No sabemos nada de ellos.

Personalidades tan distintas como el príncipe de Gales y Fidel Castro han mostrado preocupación por el tema. En el 2003 se debatió bastante cuando la prensa europea se movilizó a la zaga de unas polémicas declaraciones del príncipe Charles sobre los transgénicos y los “alimentos Frankenstein” (*Frankenfoods*).

¿PUEDE OCURRIR?

En opinión de muchos científicos, los ensambladores sólo son capaces de proliferar en las páginas de las novelas de ciencia ficción. Difícilmente prosperen en el mundo real donde, como sabemos, el “Teorema de la Vaca” no siempre se cumple y los sistemas caóticos se disparan de la manera menos previsible. En primer término, aún no estamos en condiciones de construir una máquina “replicante” de tamaño humano, y menos aún de reducirla a escala “nano”.

El problema siguiente es que no sólo se trata de que la máquina se reproduzca. Antes de poder pensar en reproducirse, los duplicados tienen que sobrevivir en el medio, para lo cual deberán convertir en materia prima aquello que encuentren; para eso, necesitarán energía. En la naturaleza, lo más parecido a ello son los organismos, con un sólido currículum evolutivo.

Otras dificultades atañen precisamente a la escala en que nos movemos. El físico inglés Richard Jones ha analizado las dificultades que debería afrontar no sólo el nanobot autorreproductor sino hasta un “submarino” diseñado para patrullar nuestros tejidos y repararlos. Según Jones, Drexler no viola ninguna de las leyes de la física, pero parece haber subestimado las condiciones del ambiente a nivel “nano”.

A esa escala, la viscosidad puede ser más fuerte que la inercia. La tensión superficial es muy alta y el movimiento browniano de las moléculas pueden dificultar sobremanera el desplazamiento de un vehículo hecho de materiales rígidos, por más pequeño que sea. La fantasía de Drexler resulta un poco más seria que la de esas películas de Hollywood como *Viaje fantástico*, pero es muy difícil de llevar a la práctica.

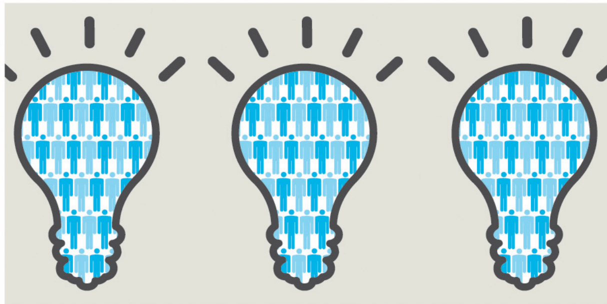
El último argumento contra la plaga gris es el simple hecho de que en la naturaleza ya existen unos seres pequeñitos que se reproducen sin ayuda y comen de todo. Con ellos hemos convivido desde siempre, porque estaban antes que nosotros. No sólo nunca nos han exterminado, sino que los necesitamos hasta para digerir y sin ellos posiblemente no podríamos sobrevivir.

Lynn Margulis y Dorion Sagan nos enseñaron que algunos de ellos, como las mitocondrias o los cloroplastos de los vegetales, fueron agentes libres antes de que la evolución los incorporara a nuestras células. Lejos de arrasar con el planeta, son parte de la vida tal como la conocemos.

Estamos hablando de las bacterias, tan necesarias como temibles.

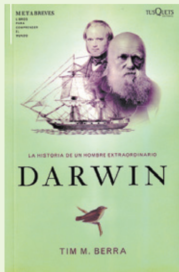






LIBROS Y PUBLICACIONES

DARWIN. LA HISTORIA DE UN HOMBRE EXTRAORDINARIO
Tim M. Berra
Tusquets editores
139 páginas e ilustraciones



Es cierto que el año darwiniano amenaza invadirnos con exposiciones, conferencias, charlas, muestras, mesas redondas. Pero si aceptamos el axioma, del que parte Berra, de que Darwin fue "uno de los hombres más importantes que han vivido nunca" y la Teoría de la Evolución "la idea más importante surgida de la mente humana" (tal vez un poco exagerada), no es posible dejar de sumarse a este éxtasis evolutivo y publicar una reseña de este breve libro, una suerte de historia de vida hecha a pincelazos y concebida como arma de lucha contra los "fundamentalistas contrarios a la evolución" para quienes Darwin es mala palabra.

Pequeña crítica para hacer: hoy en día resulta un poco anacrónico escribir un libro sobre Darwin dedicado a refutar a los creacionistas. De 1859 a 2009 ya pasaron 150 años: 150 años que sirvieron para que la Teoría de la Evolución, sin lugar a dudas una de las teorías más revolucionarias de la historia, se instalara como soberana en el campo de la biología (gracias a los aportes de la genética y muy a pesar de los embates religiosos) y guiara las investigaciones en medicina, agricultura y biotecnología.

Acompañado de una gran cantidad de ilustraciones, muchas de ellas innecesarias, *Darwin. La historia de un hombre extraordinario* no es tanto un libro de divulgación como una biografía (¡o una hagiografía!) que explora las relaciones personales que estableció Don Charles a lo largo de su vida. Es imperdible, para entender el complejo pensamiento racional darwiniano y de paso acercarse un poco a su intimidad, revisar la lista de ventajas y desventajas sobre el casamiento esbozada por él antes de solicitarle matrimonio a su prima (capítulo VI).

Una de las más bellas anécdotas que se narra tiene el exquisito sabor de lo paradojal: cuando al joven Darwin le ofrecen subirse a bordo del Beagle para circunnavegar el globo (viaje que serviría como punto de partida para sus pensamientos evolutivos), el capitán Fitz Roy, basándose en los prejuicios de la frenología, lo rechaza: la forma de su nariz revelaba una supuesta debilidad congénita para los viajes largos. Suerte que el capitán aceptó las razones de Darwin y se arrepintió, dejándolo embarcarse. Si no fuera por eso, una disciplina destinada a desaparecer en pocos años habría terminado por atrasar la formulación de una de las teorías más importantes, productivas y completas de la historia de la humanidad.

El libro de Berra, si bien no agrega mucho a lo ya conocido, puede servir para revisar ciertos aspectos pintorescos de la vida de Darwin.

MARTIN ELFFMAN

AGENDA CIENTIFICA

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva comunica que la convocatoria a las becas post-doctorales para Simulación, Visualización y Modelado por Computadoras se encuentra abierta hasta el 11 de mayo. La finalidad es que el becario desarrolle su formación en instituciones de Estados Unidos y Europa.
Las bases y condiciones pueden consultarse en: www.mincyt.gov.ar o por correo electrónico a sbidart@mincyt.gov.ar.

futuro@pagina12.com.ar

PALEONTOLOGIA: UN GRAN SALTO PARA LA HUMANIDAD


Melka Kunture Museum

FOSILES DE HACE UNOS 2 MILLONES DE AÑOS, DE LA ESPECIE AUSTRALOPITHECUS AFARENSIS, CONSERVABAN EL PULGAR DEL PIE SEPARADO.

Un pequeño paso para el Homo erectus

Desde sus primeros postulados, la Teoría de la Evolución propone la adaptación de las especies a ciertos contextos y situaciones, lo cual, desde ya, no excluye a nuestra propia especie. Un reciente hallazgo de antiguas huellas humanas en Kenia agrega leña al fuego del debate sobre cómo fueron los primeros pasos del hombre.

POR ESTEBAN MAGNANI Y LUIS MAGNANI

En el complejo rompecabezas que es la reconstrucción de la evolución humana, todo dato nuevo alimenta conclusiones adicionales. Un ejemplo es el reciente descubrimiento de un puñado de huellas humanas de 1,5 millones de años de antigüedad encontradas cerca del lago Turkana, en Kenia. Las pisadas han venido a fortalecer lo que se sabía sobre el andar humano y su lugar en la evolución, aunque serán necesarias muchas más piezas para conocer los detalles del cómo y el porqué. El descubrimiento fue recientemente publicado en la revista *Science*, por John Harris, de la Universidad de Rutgers, EE.UU..

Ya existía un antecedente de huellas de homínidos, las más viejas conocidas, que datan de hace 3,7 millones de años y que quedaron grabadas en Laetoli, Tanzania. En aquel entonces, dos o tres homínidos caminaron sobre las cenizas de un volcán cercano y una posterior garúa inició el proceso de solidificación.

Las huellas encontradas en Turkana, además de más recientes, son más numerosas y están mezcladas con las de otros animales que circulaban por allí, lo que brinda bastante evidencia sobre las especies contemporáneas. Los responsables fueron uno o varios *Homo ergaster* (en general es considerada una subespecie temprana del *Homo erectus*), cuyos pies hubieran calzado unos 40, y por lo menos un niño. La forma del pie, con el pulgar alineado con los demás dedos, ya es moderna, lo mismo que su andar: primero apoyaba el talón, luego el metatarso y finalmente los dedos, que se hundían en el barro para dar propulsión al cuerpo.

Estos detalles no son menores ya que las evidencias fósiles de este homínido no son numerosas y las huellas permiten cubrir parte del bache arqueológico. Así, fósiles de hace unos 2 millones de años, de la especie *Australopithecus afarensis*, aún conservaban el pulgar del pie separado, lo que indicaría que aún usaban los pies para aferrarse al trepar. Estos rasgos evolutivos señalan la presencia de un bipedalismo firmemente establecido, aunque es materia de discusión descubrir la ventaja adaptativa fundamental que originó este desarrollo.

PIEZAS DEL ROMPECABEZAS

Las teorías acerca de la razón por la que los homínidos evolucionaron hacia el bipedalismo suman alrededor de una docena y no son, necesariamente, excluyentes. Hay quienes creen que los homínidos, como los chimpancés, adoptaban la postura de un bípedo sólo para comer; de esta manera, los frutos de los árboles les resultaban más cercanos.

Por otro lado hay quienes sostienen una hipótesis simple y viable: el bipedalismo, por elevar una mayor parte del cuerpo por encima del suelo, ayuda a reducir la temperatura corporal y permite que el cuerpo disipe mejor el calor. Esto es lógico por cuanto la brisa es más fuerte a mayor altura y la superficie expuesta al sol es menor, lo que facilita la regulación térmica del cuerpo.

Hay también científicos que consideran que la llegada de épocas de sequía redujo las superficies arboladas y apareció una mezcla de sabana con mosaicos arbolados. Lo cual obligó a que los homínidos tuvieran que viajar más para conseguir el alimento y a que tuvieran que trasladar sus herramientas, por lo que moverse en cuatro patas rompiéndose los nudillos no era ni eficiente ni placentero.

> **Las teorías acerca de la razón por la que los homínidos evolucionaron hacia el bipedalismo suman alrededor de una docena y no son necesariamente excluyentes.**

Varias hipótesis más se apoyan en la viabilidad del transporte: hay quienes sugieren que el traslado de carne sobre distancias considerables fue un factor clave, o bien que lo importante fue el traslado de los infantes; y hay también quienes mencionan las herramientas de piedra y las armas.

En todo caso está claro que existen numerosas buenas razones para el bipedalismo y que, como ya decía Charles Darwin, el hombre no hubiese llegado a su posición dominante del mundo sin el uso adecuado de las manos, que tan hábilmente siguen el mandato cerebral.

Pero en la actualidad, tal vez la hipótesis que más aceptación tiene es la del "vadeo". Muchos mamíferos plantígrados que eran cuadrúpedos en tierra se hacían bípedos en el agua para dejar la cabeza afuera y respirar. Son ejemplos el orangután, el chimpancé, el gorila; una excepción es el oso pardo. Esta teoría se ve favorecida por las similitudes halladas entre la pelvis del mono extinto *Oreopithecus bambolii* y la del hombre.

Si bien éste no es antecesor de los humanos, vivía en los pantanos de una isla, lo que lo obligaba a "vadear" con frecuencia. Esta hipótesis es también conocida como del "mono acuático" y habla de las necesidades de nadar y bucear para conseguir alimento. También intenta explicar, por las diferencias de hábitat, la separación generada entre los ancestros de los humanos y otros grandes monos. Según esta corriente, las diferencias físicas entre los humanos y esos monos se justifican por la influencia del medio ambiente y por la alimentación distinta que supone la vida cerca de costas y ríos.

LA CIENCIA COMO ARTE

Es difícil determinar hasta qué punto la falta de evidencias lleva a los paleontólogos a dar rienda suelta a su imaginación. Los nuevos descubrimientos, por pequeños que sean, dan pie a lucubraciones que se van sumando y dando cuerpo a una teoría que algún día (o tal vez nunca) se verá refutada o aceptada. En todo caso, estos científicos siguen juntando las piezas de su obra y llenando los huecos con pinceladas propias para armar el cuadro de ese pasado tan lejano, con la esperanza de que hallazgos futuros confirmen sus presunciones.